



# Durabilité des bois & Durée de vie des ouvrages

<http://www.universcience.tv/media/4060/le-bois-dure.html>

Marie-France Thévenon

Production et valorisation des bois tropicaux et méditerranéens  
CIRAD, Montpellier

Olivier Arnould  
LMGC, Montpellier

# Le bois : matériau multifonctionnel



**Muscle :**  
mouvement

**Squelette :**  
tenue et résistance  
mécanique

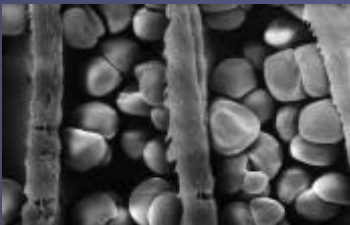


**Conduction  
hydraulique  
de la sève**



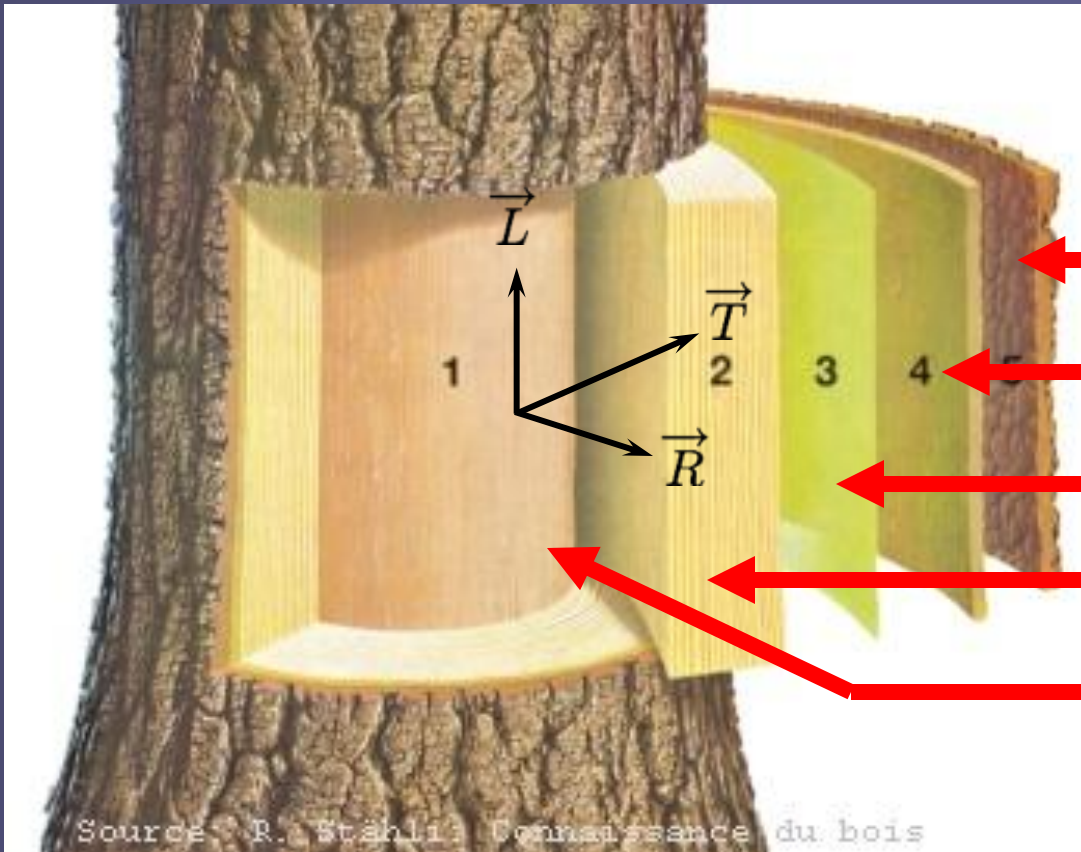
**Stockage de  
nutriments**

**Protection contre  
les insectes,  
champignons, ...**





# Le bois : un matériau d'origine biologique

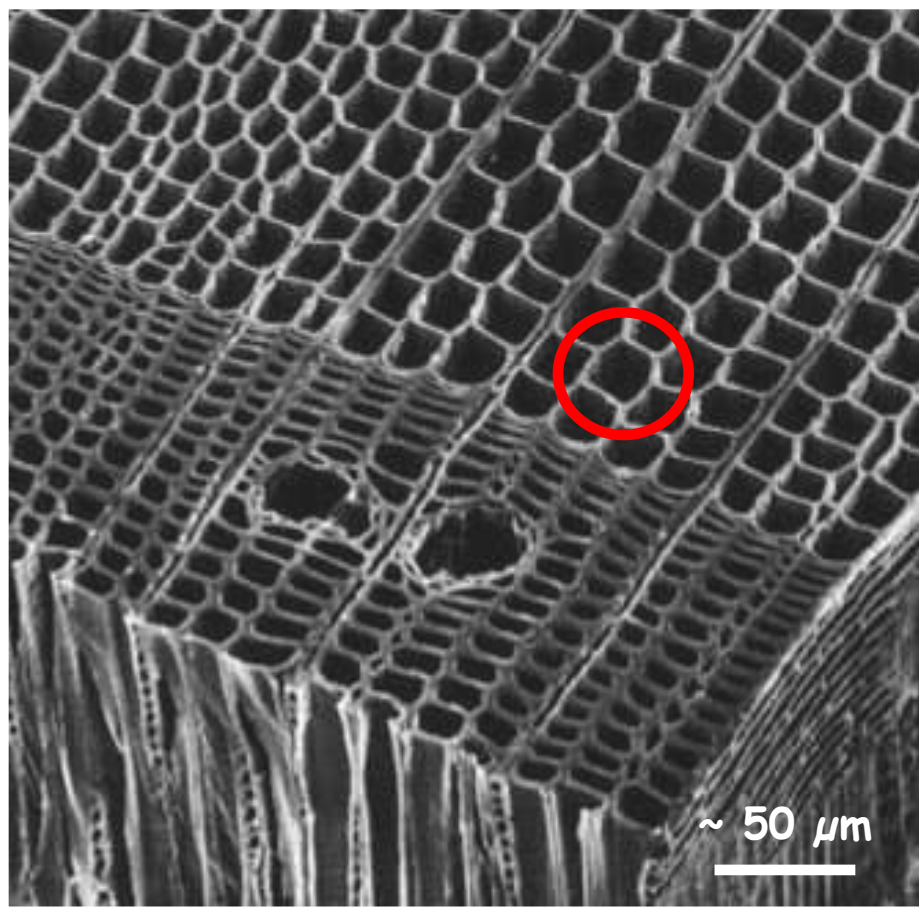


Ecorce externe  
Ecorce interne  
Cambium  
Aubier  
Duramen

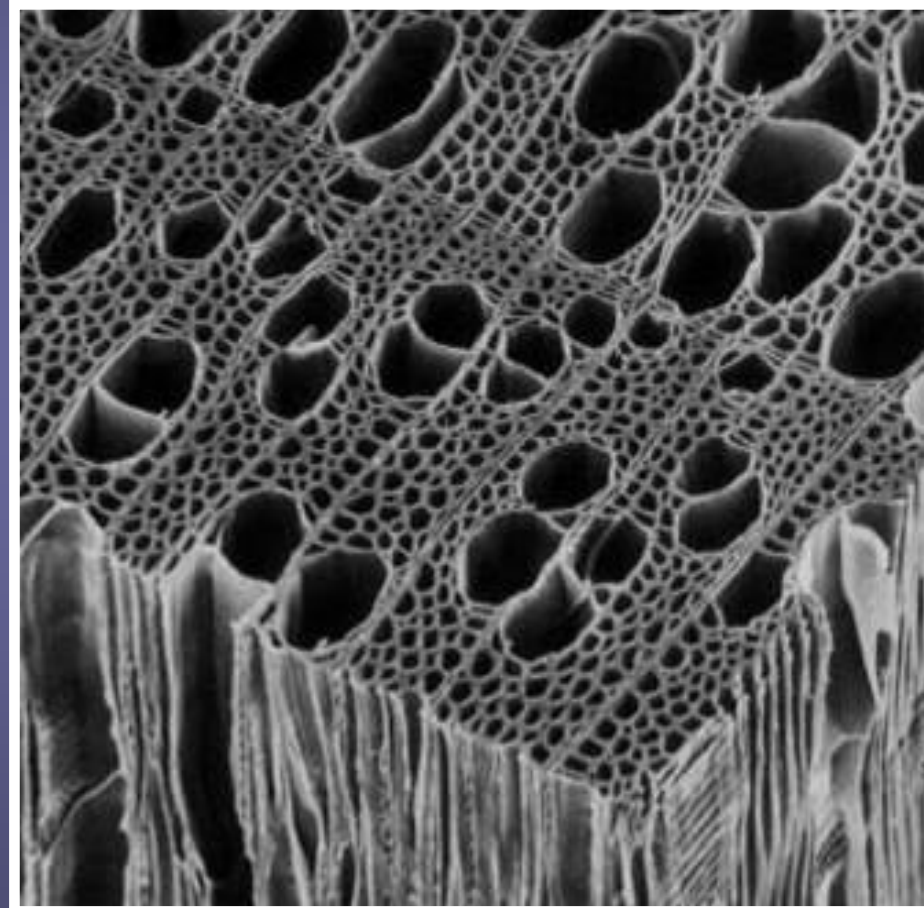
Source : R. Stähli : Connaissance du bois



# Le bois : un matériau à forte(s) variabilité(s)



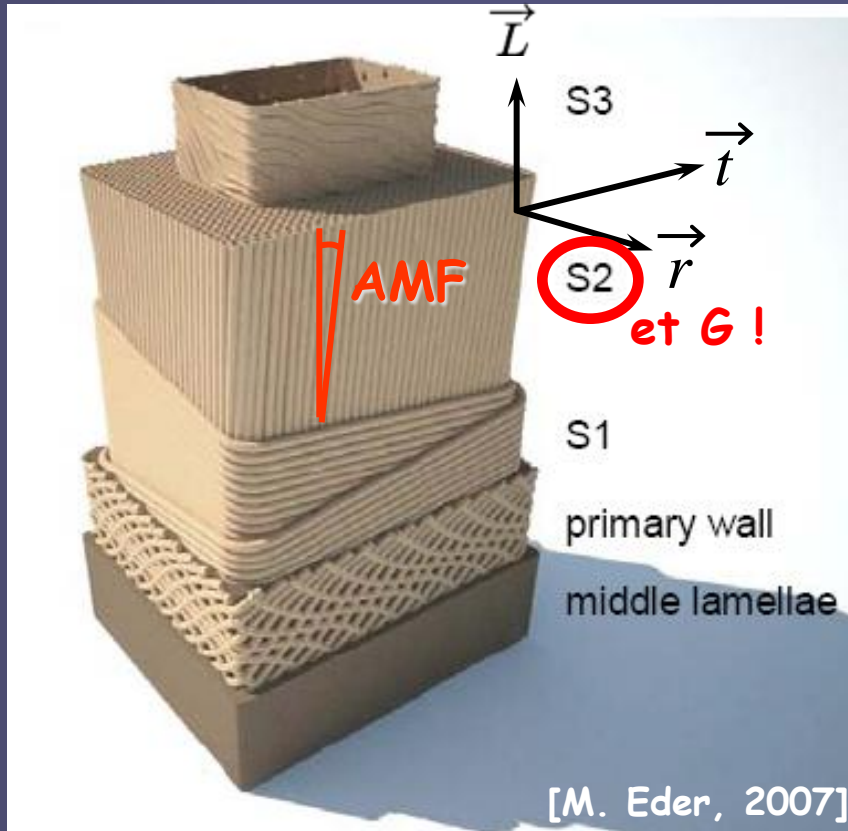
Ré sineux



Feuillus



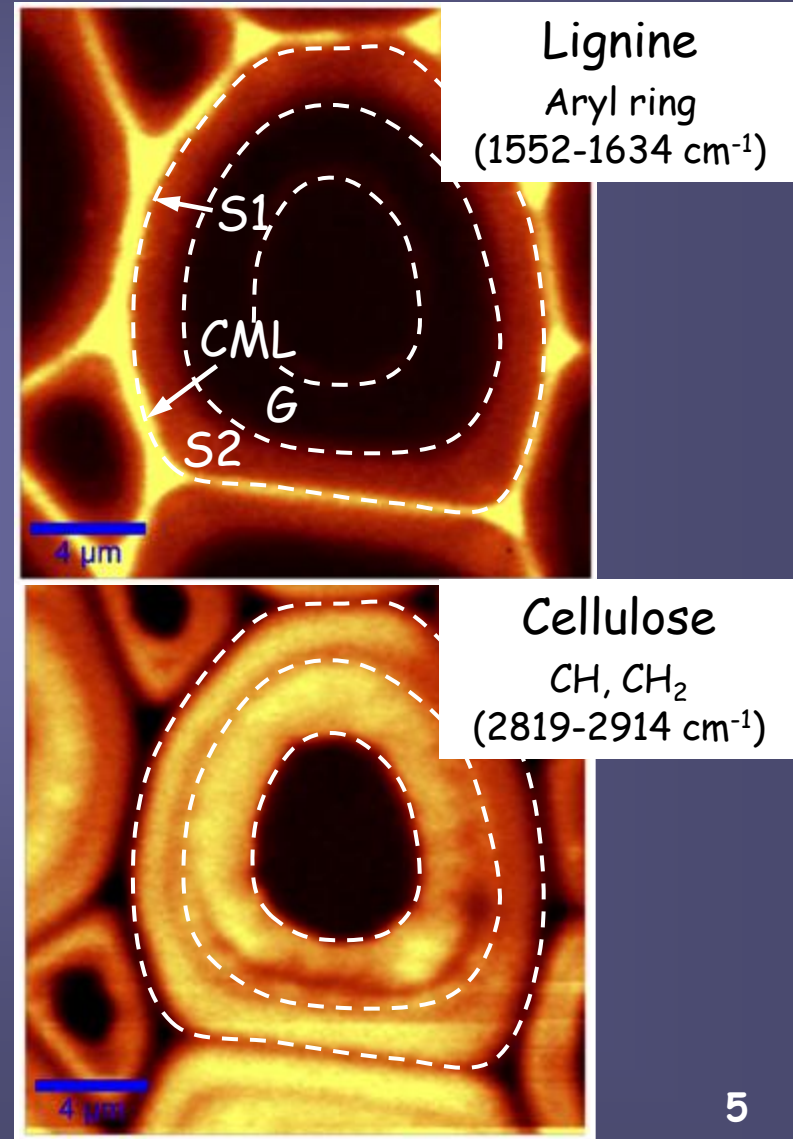
# Structure de la paroi cellulaire



Structure multicouche de la paroi cellulaire

50% cellulose (70% cristalline !)  
25% hemicellulose  
25% lignine  
+ extractibles, cendres

Microscopie Raman de bois de tension  
de Châteigner [Cabroler, 2010]



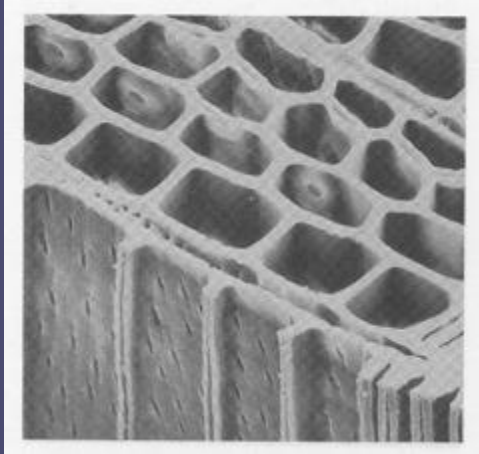


# Les extractibles

- ★ Quelques % seulement
- ★ Structures chimiques très variées  
Tannins, flavonoïdes, lignanes, terpènes,  
tropolones, etc...
- ★ Donnent au bois des  
caractéristiques particulières  
Couleur, odeur, durabilité naturelle



# Éléments constitutifs



## Éléments constitutifs

- ✦ Cellulose
- ✦ Hémicelluloses
- ✦ Lignine
- ✦ Extractibles
- ✦ Matières minérales  
(K, Ca, Mg, Si)



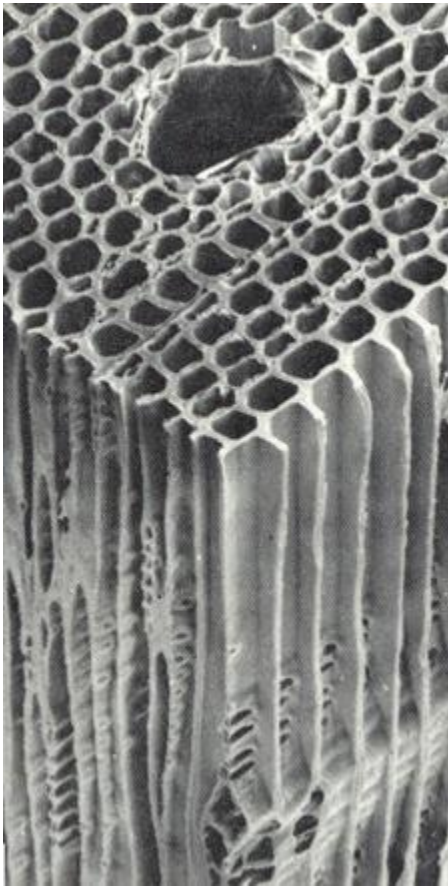
Sève

Réserves (amidon)

Aubier



# Le bois : un matériau d'origine biologique



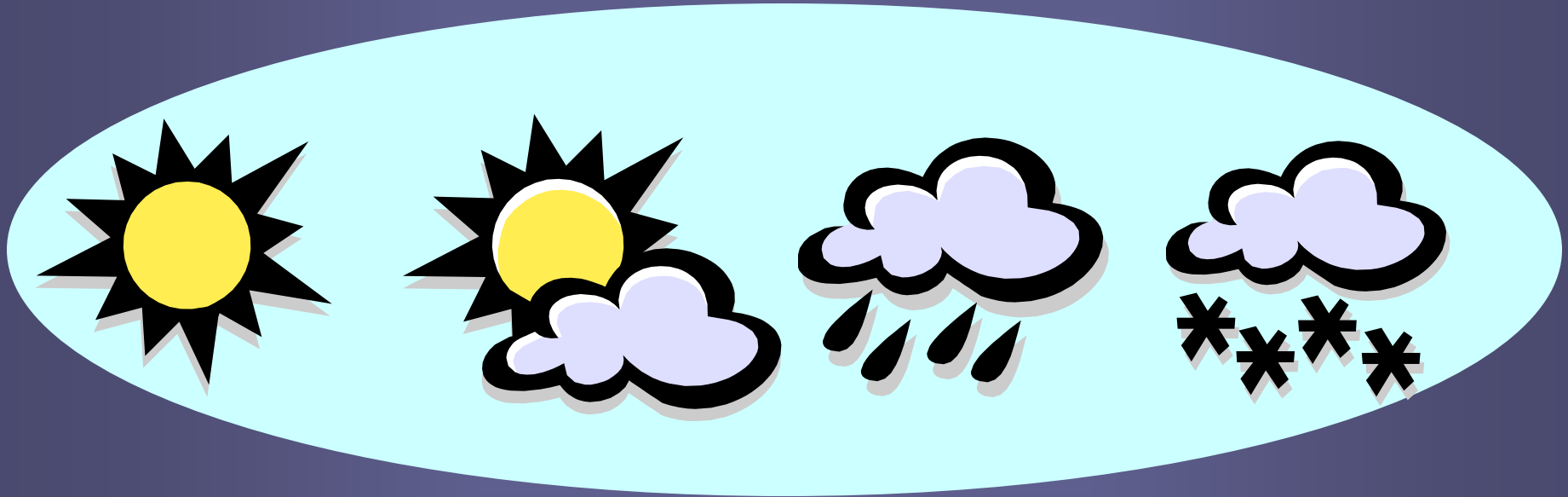
Compartment trophique  
&  
Habitat

pour des organismes  
colonisateurs





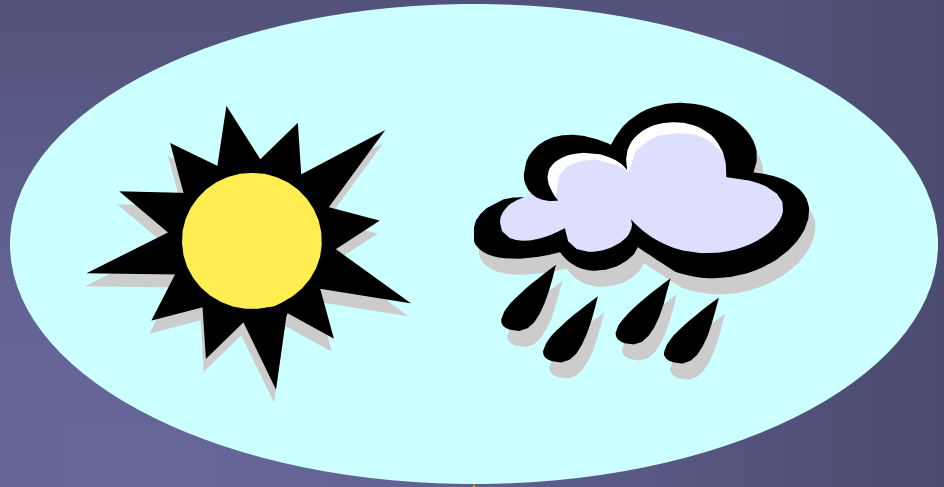
# Le bois : un matériau soumis aux variations climatiques



- \* Température
- \* Humidité
- \* Lumière

# Le bois en service

Bois en service





# Dégradations esthétiques

- ✱ Pas de dégradation des parois des cellules ligneuses
- ✱ Pas de perte des propriétés mécaniques
- ✱ Forte dépréciation pour certains usages



# Dégradations structurelles

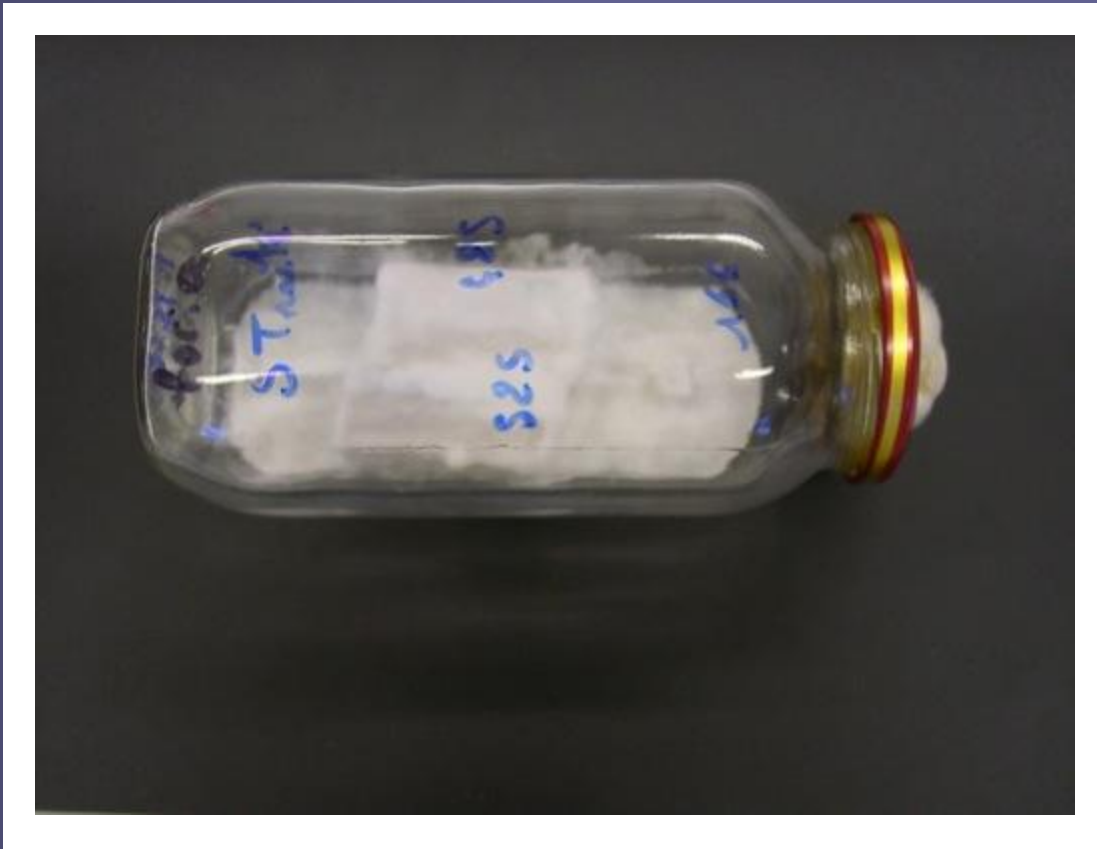
- ★ Dégradation des parois des cellules ligneuses
- ★ Perte des propriétés mécaniques
- ★ Dégradation de l'aspect
- ★ Forte dépréciation



# Champignons de pourriture



## Pourriture cubique/brune



Colonisation  
du bois  
par le mycélium

*(Poria placenta)*

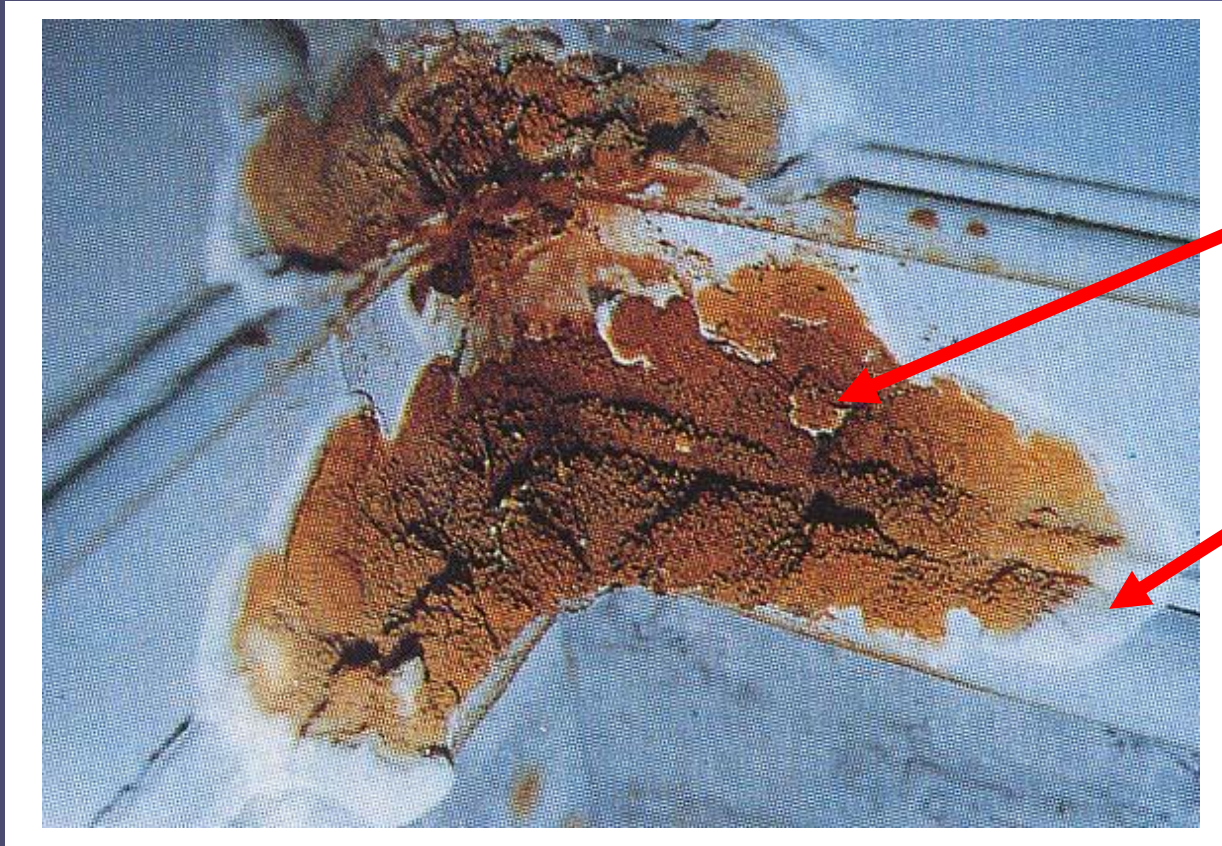




# Champignons de pourriture



## Pourriture cubique/brune



Fructification

Mycélium

*(Serpula lacrymans)*



# Champignons de pourriture



Pourriture cubique/brune







# Champignons de pourriture



Pourriture cubique/brune



*(Coniophora puteana)*



# Champignons de pourriture



Pourriture fibreuse/blanche



*(Donkioporia expansa)*



# Champignons de pourriture



Pourriture molle







# Insectes



Insectes à larve xylophage

Insectes de bois sec

.....→ Coléoptères



Termites



# Insectes à larve xylophage

Capricorne adulte →



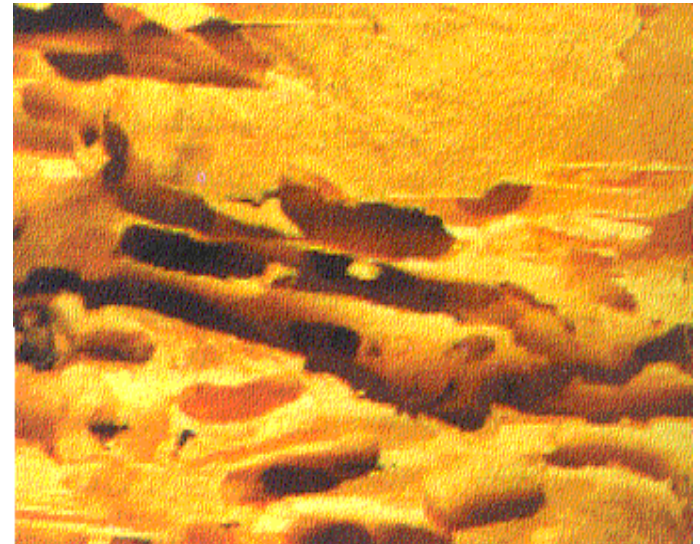
Larve xylophage



*Hylotrupes bajulus*



Nymphe ←



 Coléoptères



# Insectes



Petite vrillette  
(*Anobium punctatum*)



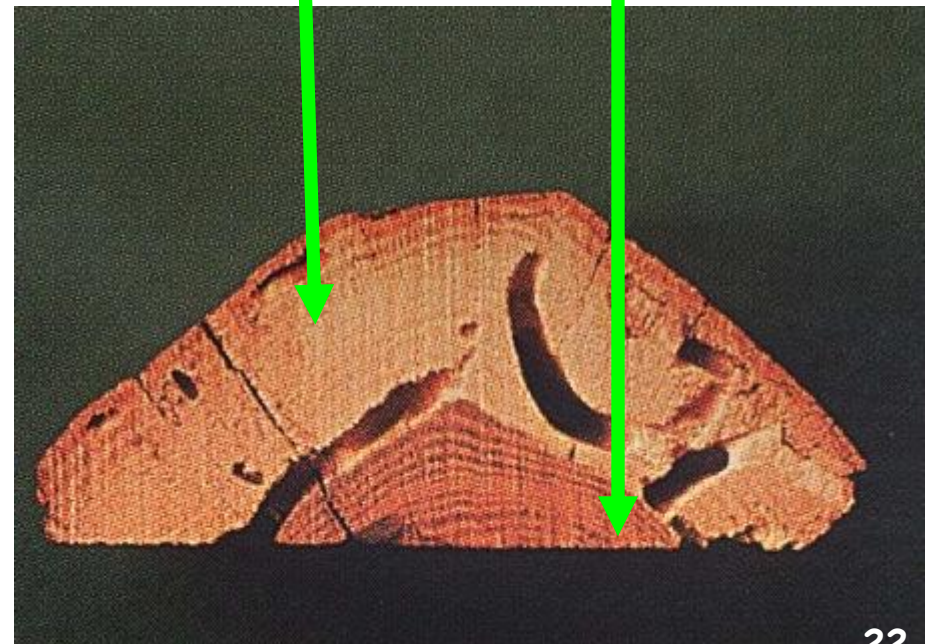
# Insectes



Hespérophanes  
(*Hesperophanes cinereus*)

Aubier

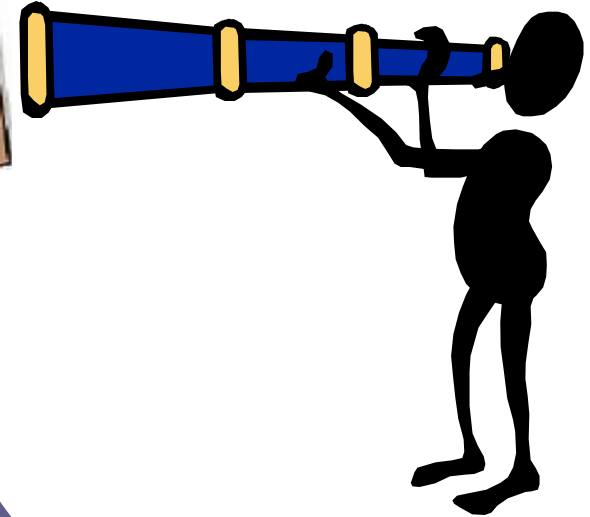
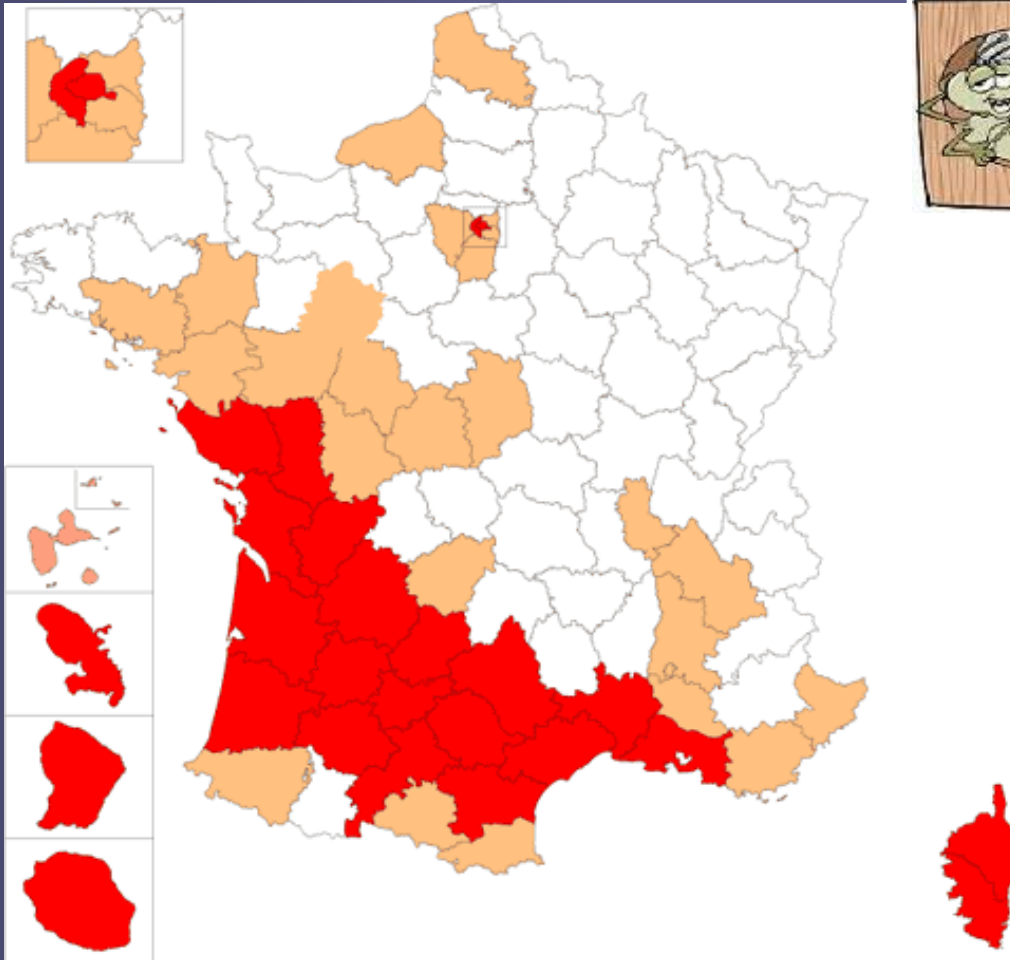
Duramen





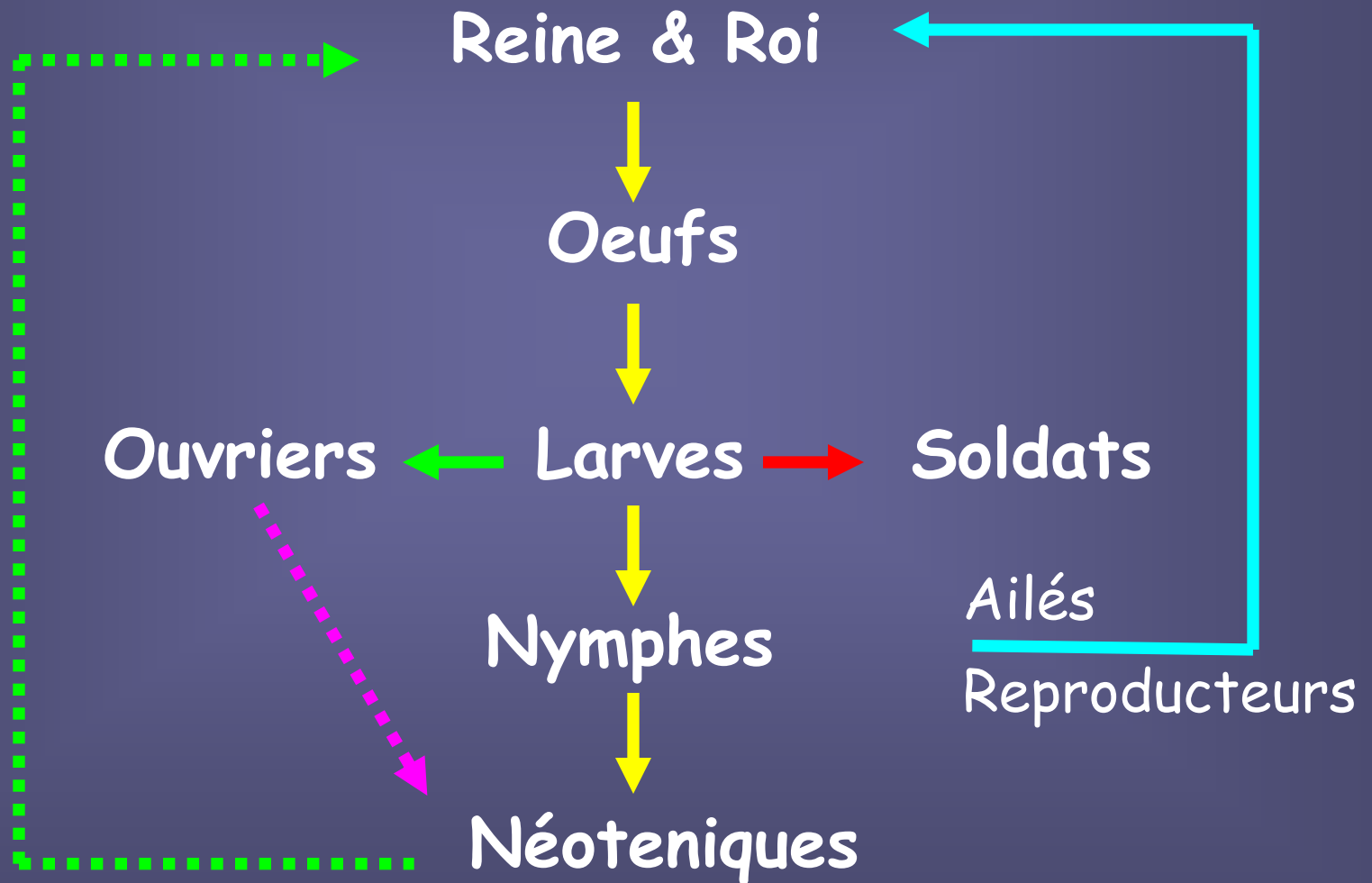
# Insectes

## Spécial Termites





# Termites



# Termites

Ouvrier  
2-3 mm

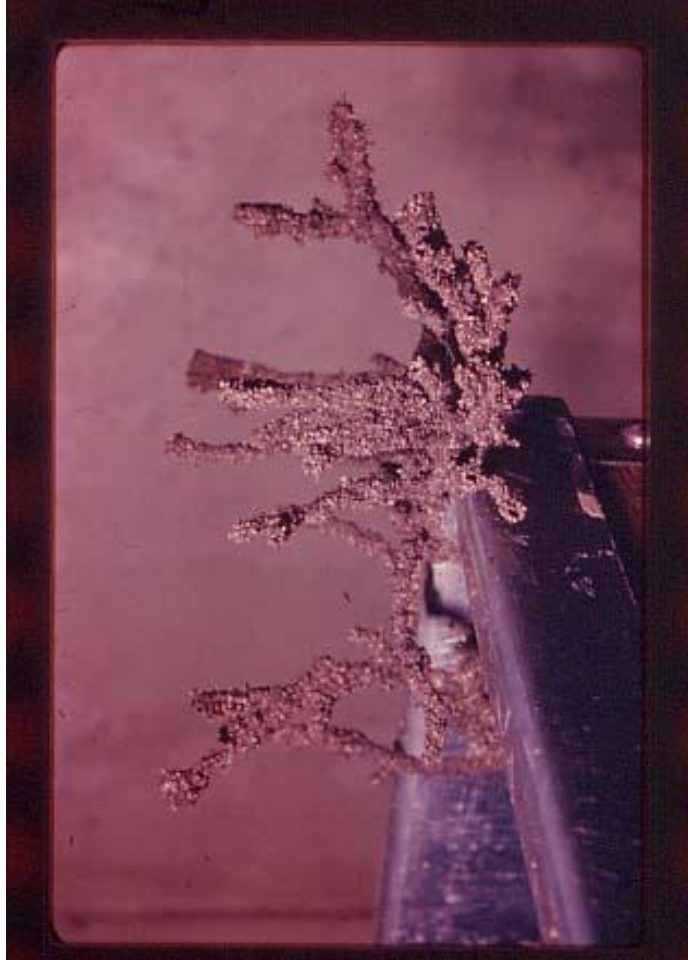


Larve  
1-2 mm

Soldat



# Termites



Présence de termites —————> Cordonnets

# Dégâts





# Termites

- ★ Observatoire national

- ★ [www.termite.com.fr](http://www.termite.com.fr)

- ★ Biologie, populations,  
Lutte anti-termite,  
Loi termite, etc...





Il y a des organismes lignivores capables de dégrader le bois...

...mais le petit Larousse indique à la définition imputrescible : qui ne peut se putréfier. Ex : le teck est un bois imputrescible....

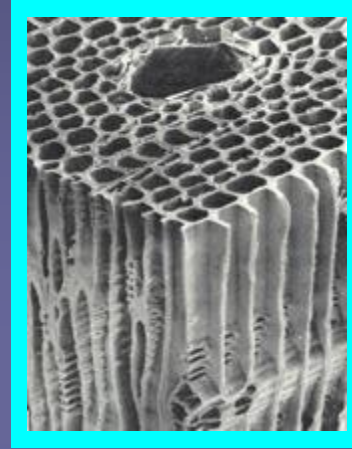
Grossière erreur : tout bois a une durée de vie donnée dans un emploi donné (classe d'emploi) et il faut évaluer cela



# La durabilité naturelle



Arbre



Bois



Défense active  
et passive

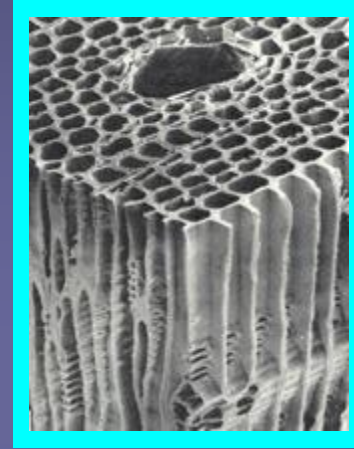


Défense passive  
= Durabilité  
naturelle

# La durabilité naturelle



Arbre



Bois

✱ Patrimoine  
génétique

✱ Facteurs  
environnementaux

✱ Anatomie

✱ Densité

✱ Composition chimique

▲ Lignine

▲ Extraits

▲ Silice



# La durabilité naturelle

★ Aubier # Duramen

★ Durabilité vis à vis des

▲ champignons lignivores

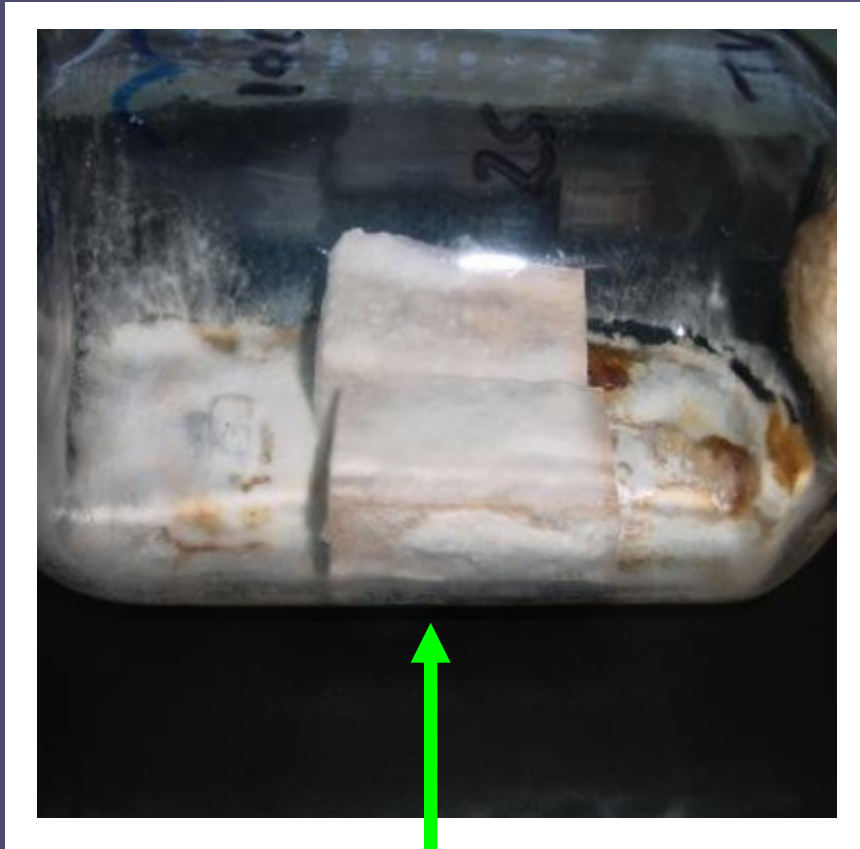
▲ insectes (coléoptères + termites)

▲ térébrants marins

= Essais biologiques longs et coûteux



# La durabilité naturelle



Echantillons de bois

Durabilité vis-à-vis des  
champignons  
De pourriture cubique  
ou fibreuse  
(norme Cen/TS 15083-1)  
30 éprouvettes

16 semaines d'exposition  
En salle climatique

→ Perte de masse des  
échantillons



# La durabilité naturelle



Durabilité naturelle  
vis-à-vis des termites  
(surface) (norme EN118)  
8 semaines d'exposition  
6 éprouvettes  
Cotation visuelle  
des dégradations  
Note en fonction de la  
Profondeur & surface des  
Dégâts

Cotation 0 : pas attaque  
C 1 : tentative attaque

...  
C4 : attaque sévère

→ Classification



# La durabilité naturelle



Durabilité naturelle  
vis-à-vis des termites  
(EN 117)

8 semaines d'exposition

5 éprouvettes

Cotation visuelle  
des dégradations

Note en fonction de la  
Profondeur & surface des  
Dégâts

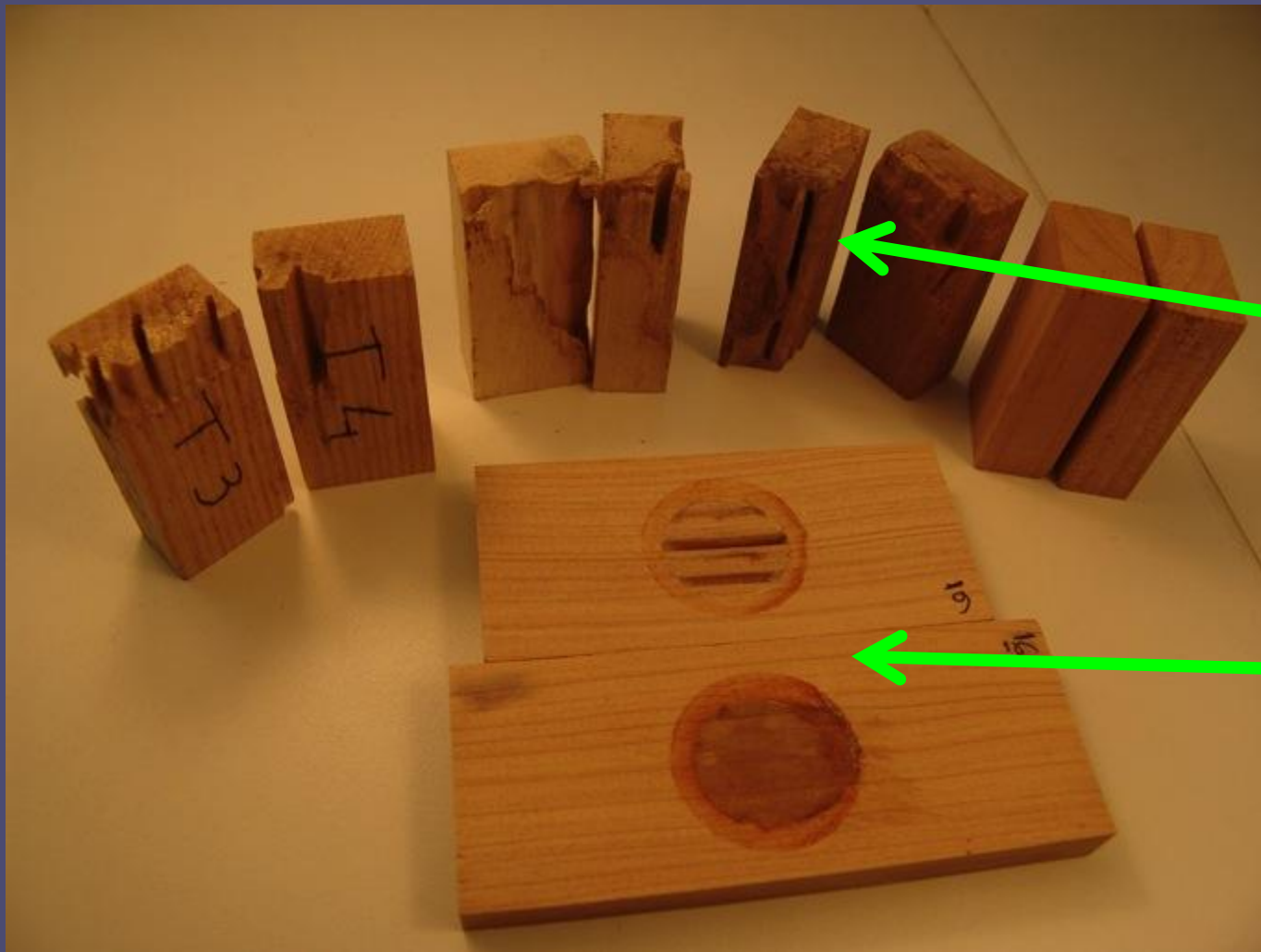
Cotation 0 : pas attaque  
C 1 : tentative attaque

...

C4 : attaque sévère

→ Classification





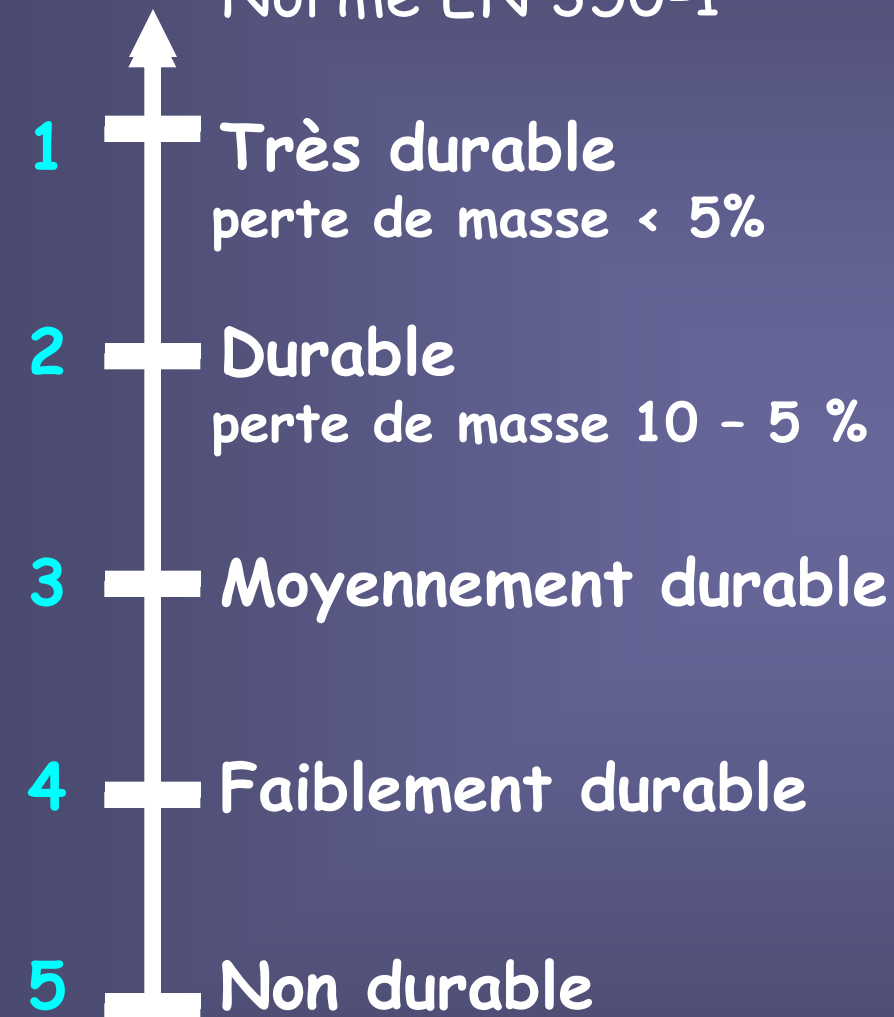
EN 117

EN 118

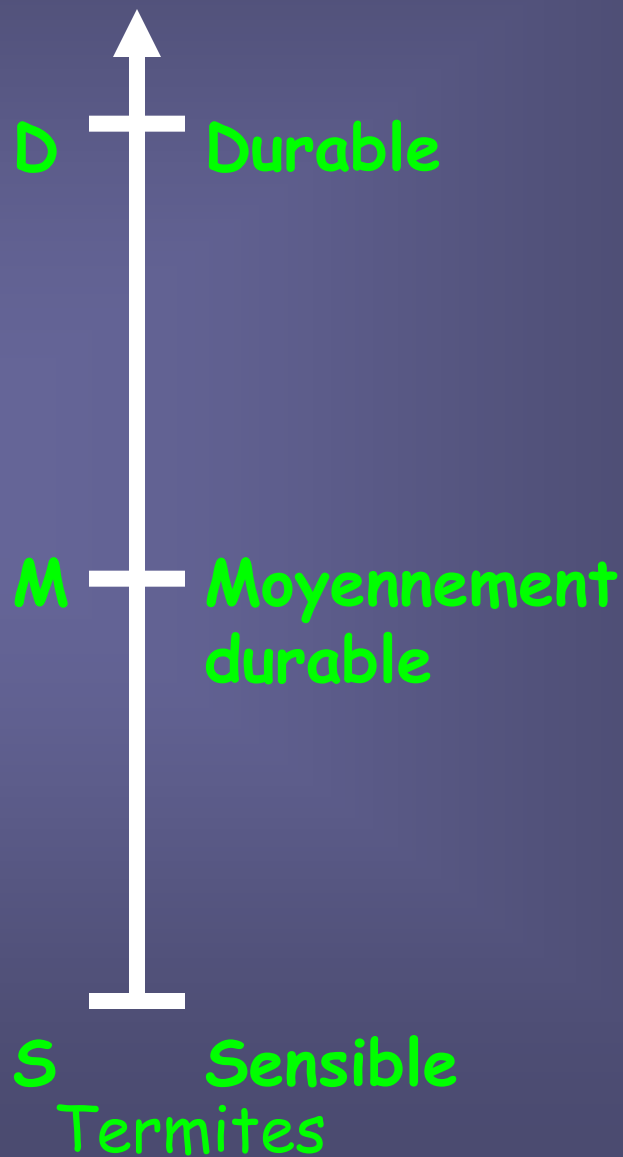


# Principes de classification

Norme EN 350-1



Champignons





Si la durabilité naturelle  
n'est pas suffisante  
pour un emploi donné  
et/ou  
pour une durée de vie souhaitée



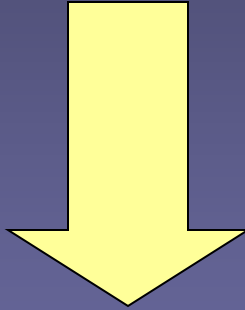
Il faut envisager un traitement du bois



Durabilité conférée



# La durabilité conférée



Association

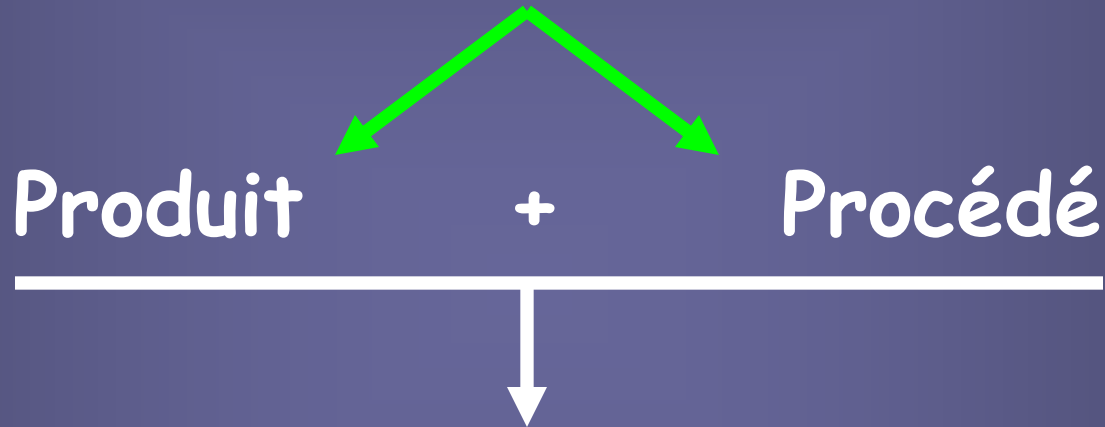
Produit de préservation  
&  
Procédé d'application du produit





# La durabilité conférée

Classe d'emploi  
Risques associés



Imprégnation  
Rétention  $\pm$  importante  
Pénétration périphérique ou à coeur



# Evaluation de l'efficacité des Produits de traitement

Similaire à la durabilité naturelle, mais classifications différentes

Essais de laboratoire

Champignons : détermination perte de masse  
1 produit , 1 concentration = 6 éprouvettes  
de bois à tester

Concentration efficace  
si perte de moyenne  $< 3\%$

Avec 1 seule éprouvette avec perte de  
masse entre 3 et 5%



# Evaluation de l'efficacité des Produits de traitement

Similaire à la durabilité naturelle, mais classifications différentes

Essais de laboratoire

termite: cotation visuelle

1 produit , 1 concentration = 5 à 6

échantillons de bois à tester

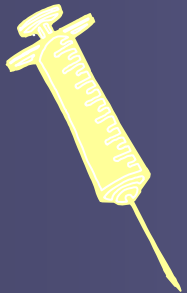
Concentration efficace

si cotations = 0 ou 1

Avec 1 seule échantillon avec cotation 2



# Produits de finition



Produits de  
Préservation  
= Vaccin



Produits de  
finition  
= Médicament/Cosmétique

★ Produits de finition  
peuvent contenir des matières actives  
avoir une action hydrophobante, ...



# Les questions

Essais de laboratoire

Evaluation de la  
durabilité naturelle  
&  
Efficacité  
produits

COMMENT ? *Mécanique*

Essais de laboratoire



# Les questions

Quelques essais de liaison « Critères évaluation biologiques »  
et « Mécaniques » pour essais champignons

Car attaque « dans la masse » relativement uniforme

Ex : Perte de module en flexion à la fin d'un essai de 16  
semaines

Bonne corrélation

MAIS

Besoin de recherche, notamment pour trouver comment  
évaluer les débuts d'attaque (= réduire le temps d'essai pour  
une réponse restant discriminante) & Méthode peu ou pas  
destructive/invasive (NCDT)



TEMPS



# Les questions

Essais termites = RIEN entre biologie (cotation visuelle) et mécanique car attaque peut être plus ou moins localisée

C'est vrai pour le bois massif, mais aussi pour les composites



Contreplaqué peuplier  
(non durable vis-à-vis des  
Termites)

Attaque selon les plis  
Pas de traversée du  
joint de colle  
par les termites



# Questions importantes

Les essais biologiques présentés ici et utilisés pour évaluer durabilité et efficacité produits traitement du bois sont réalisés sur peu de répliques

Pas de statistiques sur résultats (N trop faible souvent)

Mais, ils sont à l'origine de données cruciales utilisées pour :

- Classer les bois : Durable - Non durable
- Donner les doses efficaces de produits de traitement





# Questions importantes

Etayer ces données biologiques classiques avec des données mécaniques :

- Obtenir des résultats plus discriminants ?
- En des temps plus courts dans le cas des essais fongiques, au moins ?
- permettre de tester les composites de manière plus adéquate ?
- autres bénéfices ???



# Réponses attendues

Pour la durabilité naturelle : le bon bois pour le bon usage

Pour les produits de protection du bois : la dose suffisante de produit, mais pas trop...

En effet, en termes d'éco-bilan du bois



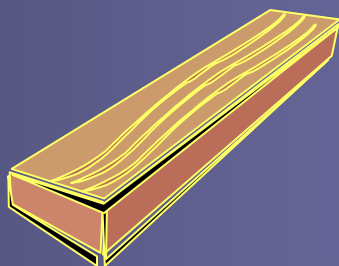
# Ecobilan du bois seul

Extraction de  
l'écosystème

Transformation  
et mise en oeuvre

Ré-utilisation  
Recyclage

Transport



Stock  
de  $\text{CO}_2$

Faible demande  
Énergétique

Nouveau  
produit



Bois massif



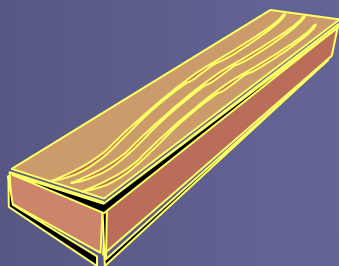
# Ecobilan du bois seul

Extraction de  
l'écosystème

Transformation  
et mise en oeuvre

Fin de vie

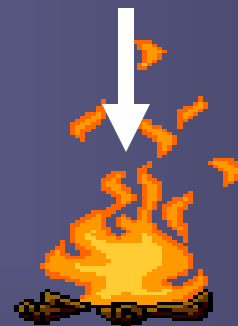
Transport



Stock  
de CO<sub>2</sub>

Faible demande  
Énergétique

Déchets  
ménagers  
ou assimilés

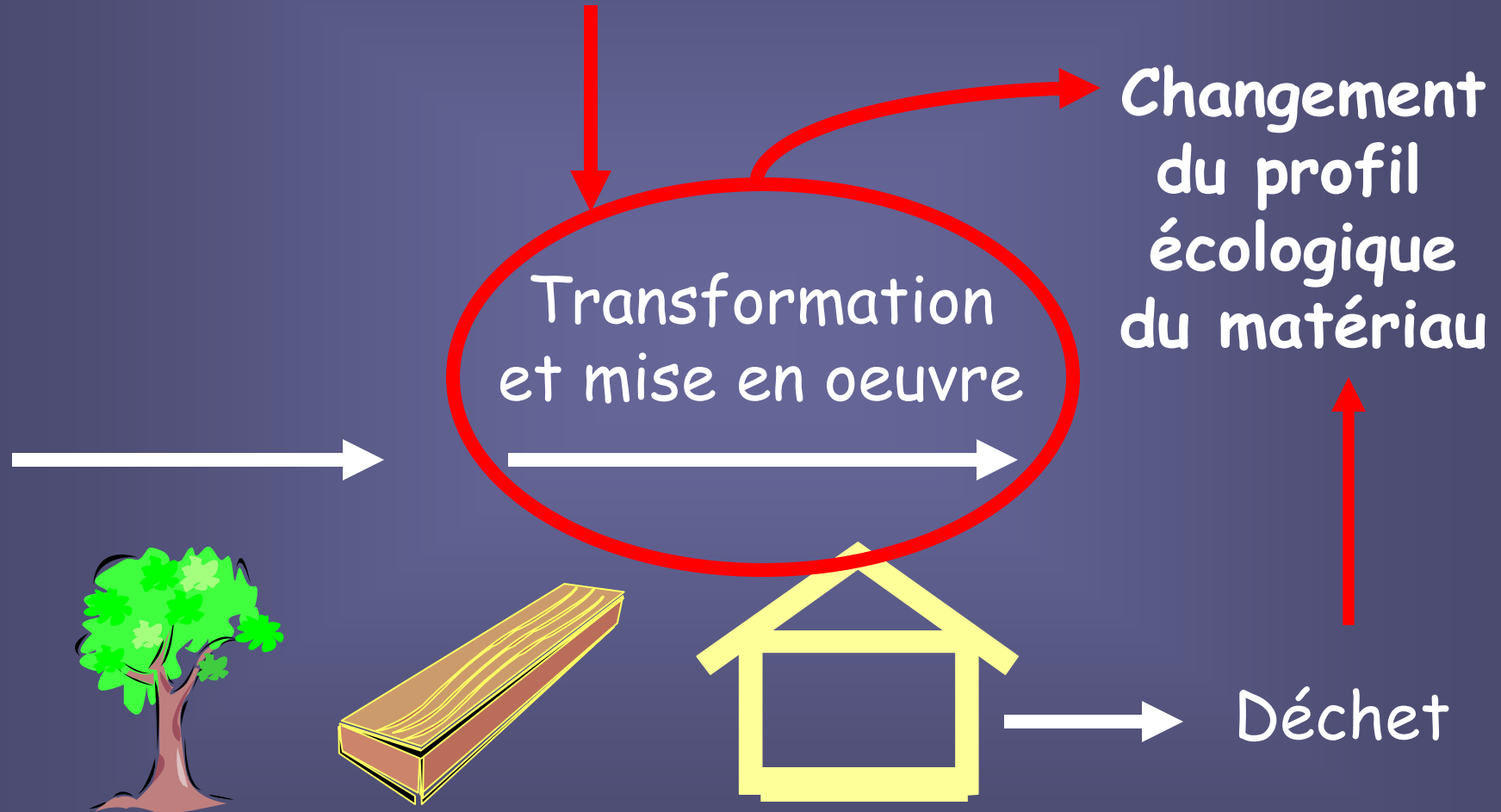


Bois massif

Valorisation



# Ecobilan du bois + Produit de préservation





# Réponses attendues

Pour au final : faire des économies de matière ligneuse + limiter impacts environnementaux



Pour toutes questions/suggestions/autres

[marie-france.thevenon@cirad.fr](mailto:marie-france.thevenon@cirad.fr)

Merci et un très grand merci à Olivier

# Informations

## ✶ Recherche et nouvelles techniques

Action Européenne COST E37

✶ (COoperation in Science and Technology)

Sustainability through enhanced technologies for wood protection

[www.bfafh.de/cost37.htm](http://www.bfafh.de/cost37.htm)

Groupes de travail

WG1          Principles

WG2          Performances

WG3          Properties

Nombreux documents normatifs et législatifs

# Informations

## ✴ Recherche et nouvelles techniques

✴ IRG : International Research Group on Wood Protection

[www.irg-wp.com](http://www.irg-wp.com)

### Groupes de travail

|     |               |
|-----|---------------|
| WG1 | Biologie      |
| WG2 | Méthodes      |
| WG3 | Produits      |
| WG4 | Procédés      |
| WG5 | Environnement |

### Liens avec :

Universités  
Centres techniques  
Industries

Nombreux documents  
normatifs et législatifs

# Informations

- ✱ Recherche et nouvelles techniques

- ✱ Thematic network on wood modification  
[www.woodmodification-network.org](http://www.woodmodification-network.org)

Modification du bois (chimique, thermique,...)

# Informations

## ★ Impacts environnementaux

### ★ Impacts environnementaux des matériaux de construction

Base de données ADEME-FCBA

ADEME [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

### ★ Institut National de Recherche et de Sécurité INRS

[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)



# Informations

## ★ Impacts environnementaux

★ Centre Technique et Scientifique du Bâtiment  
CSTB [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

★ Institut National de l'Environnement Industriel  
et des Risques  
INERIS [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

★ INERIS + INRS : BERPC  
Bureau d'évaluation des risques des produits et  
des agents chimiques [www.berpc.fr](http://www.berpc.fr)

# **Ouvrages**

- ✦ Bois : mode d'emploi et préservation  
Chapelet, Dirol, Ozanne, Rayzal, Serment (1991)  
CTBA, ISBN 2-85 684-007-8
- ✦ Guide de la préservation des bois  
Rayzal (1998)  
CTBA, ISBN : 2-85684-038-8
- ✦ Le traitement curatif des bois dans la construction  
Département Biotec (1996)  
CTBA, ISBN 2-212-11822-8

# Ouvrages

- ★ Durabilité des bois  
Dirol, Déglise (2001)  
Hermes Sciences, ISBN 2-7462-0139-9
- ★ Préservation du bois - Guide d'emploi des normes.  
AFPB, CTBA (2002)

AFPB : Association Française pour la Protection du  
Bois, 6 Avenue de St Mandé, 75012 Paris  
Tel : 01 40 02 04 44 Fax : 01 43 43 37 85  
[afpb@wanadoo.fr](mailto:afpb@wanadoo.fr)